

MIESIĘCZNE ANOMALIE TERMICZNE W BASENIE MORZA ŚRÓDZIEMNEGO (1951–2010)

Urszula Kossowska-Cezak, Robert Twardosz

Monthly thermal anomalies in the Mediterranean (1951–2010)

Abstract: The study determines the frequency of monthly thermal anomalies in the Mediterranean Basin (approx. south of 45°N), in the area from Lisbon in the west to Van in eastern Turkey, changes in the frequency of such anomalies over six decades, as well as the location and size of the area over which they occurred. The present study is based on the average monthly air temperature values from 80 meteorological stations in the years 1951–2010. Thermally anomalous months are considered to have occurred when the average air temperature t at a given station differed from the corresponding $t_{av.}$ by at least 2 standard deviations (σ); for anomalously cold months (ACMs: $t \leq t_{av.} - 2\sigma$) and for anomalously warm months (AWMs: $t \geq t_{av.} + 2\sigma$). One feature that distinguishes the Mediterranean Basin from the rest of Europe located in the temperate climate zone is the prevalence of AWMs over ACMs. The number of ACMs and AWMs showed significant variations over the 60-year period. The years 1971–1980 were the coldest ones, while the 21st century saw the highest temperatures. The vast majority of ACMs and AWMs occur over small areas. There were 22 anomalous months (11 ACMs and AWMs) that covered larger areas (at least 25% of the stations).

Keywords: contemporary warming, climate change, thermal anomalies, southern Europe

Zarys treści: Określono częstość miesięcznych anomalii termicznych w basenie Morza Śródziemnego, zmiany częstości anomalii w latach 1951–2010, ich lokalizację i zasięgi występowania. Podstawą opracowania są wartości średnie miesięczne temperatury powietrza z 80 stacji meteorologicznych z 60-lecia 1951–2010. Za miesiące anomalne pod względem termicznym przyjęto te, w których średnia temperatura t różniła się na danej stacji od odpowiedniej $t_{sr.}$ 60-letniej przynajmniej o 2 odchylenia standardowe (σ). Wyłoniono miesiące anomalnie zimne (MAZ: $t \leq t_{sr.} - 2\sigma$) i anomalnie ciepłe (MAC: $t \geq t_{sr.} + 2\sigma$). Cechą wyróżniającą całego basenu Morza

Śródziemnego od pozostałej części Europy, położonej w strefie klimatu umiarkowanego, jest przewaga częstości MAC nad MAZ. Liczba MAZ i MAC znacznie zmieniała się w ciągu 60-lecia. Najchłodniej było w latach 1971–1980, a najcieplej w XXI w. MAZ i MAC w ogromnej większości występują na małych obszarach. Tych, które pojawiają się na dużym obszarze (na przynajmniej 25% stacji), było 22 (po 11 MAZ i MAC).

Słowa kluczowe: współczesne ocieplenie, zmiany klimatu, anomalie termiczne, południowa Europa

Wstęp

Dotychczasowa wiedza o zmianach klimatu Europy jest oparta głównie na wartościach średnich temperatury powietrza. Rzadko rozpatruje się okresowo pojawiające się groźne zjawiska natury klimatycznej, do jakich należą długotrwałe okresy ze skrajnie wysoką lub niską temperaturą powietrza, czyli anomalie termiczne – miesięczne lub sezonowe. Występowanie takich skrajnych pod względem termicznym okresów jest przez wielu badaczy uważane za wyraz zmieniającego się klimatu (np. Briffa, Osborn 2002; Jones, Moberg 2003; Luterbacher i in. 2004; Rebetez i in. 2006). Choć występują one rzadko, to jednak ze względu na groźne wielorakie skutki, w tym zwłaszcza pogarszanie się klimatu odczuwalnego, wymagają ciągłego badania.

Występowanie pogody niezwykle upalnej lub mroźnej jest szczególnie dotkliwe dla mieszkańców strefy umiarkowanej, nienawykłych do życia zwłaszcza w warunkach uciążliwego gorąca. Zmienność warunków termicznych wiąże się z silnie zmienną cyrkulacją atmosferyczną, a mianowicie okresową adwekcją mas powietrznych spoza tej strefy. Uciążliwości skrajnych warunków termicznych doświadczają także mieszkańcy obszaru śródziemnomorskiego (Andrews 1956; Tayanc i in. 1998; Tselepidaki i in. 1990; Lagouvardos i in. 1998; Brzović 1999; Barriopedro i in. 2011; Unal i in. 2013; Dizerens i in. 2017).

Badania autorów (Twardosz, Kossowska-Cezak 2015, 2016; Twardosz i in. 2016; Kossowska-Cezak, Twardosz 2017) wykazały, że współczesne ocieplenie w Europie wyraża się zwiększoną częstością miesięcy (a także pór roku) anomalnie ciepłych i malejącą miesięcy (i także pór roku) anomalnie chłodnych. Badania te wykazały również, że częstość obu rodzajów miesięcznych anomalii termicznych zmienia się na obszarze Europy wraz z szerokością geograficzną, a najwyraźniejsza różnica zaznacza się między częścią południową (na południe od 45°N) a środkową i północną (od 45°N).

Celem opracowania jest zatem zbadanie częstości miesięcy anomalnie zimnych (MAZ) i anomalnie ciepłych (MAC) w Europie Południowej, a więc głównie w basenie Morza Śródziemnego, oraz w Azji Mniejszej, zmian częstości MAZ i MAC

w ciągu 60-lecia 1951–2010, a także poznanie lokalizacji i zasięgu przestrzennego wyróżnionych miesięcznych anomalii termicznych.

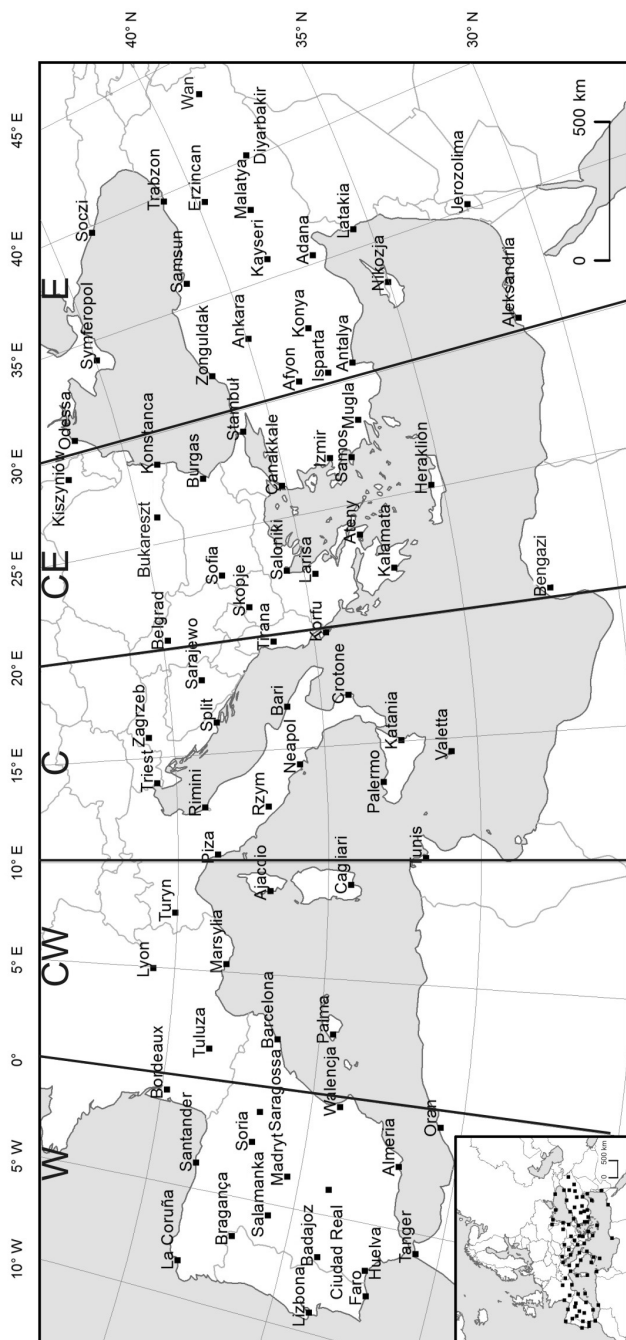
Podstawą opracowania są wartości średnie miesięczne temperatury powietrza z 80 stacji meteorologicznych leżących praktycznie (z małymi wyjątkami) na południe od 45°N z lat 1951–2010 (ryc. 1). Dane te pozyskano z bazy *European Climate Assessment & Dataset (ECA&D)*, <http://eca.knmi.nl/>, Klein Tank i in. 2002). Ta baza danych jest jednym z czterech publicznie dostępnych źródeł danych meteorologicznych (Moberg i in. 2006). Źródłem danych była też baza amerykańska *National Climatic Data Center* (NCDC, <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/gsd/>) i *World Weather Records* publikowane przez NOAA. Korzystanie z wielu źródeł danych miało tę zaletę, że w przypadkach wątpliwych co do rzeczywistej wartości temperatury powietrza była możliwość ich weryfikacji. Nieliczne brakujące dane uzupełniano przy zastosowaniu metod powszechnie stosowanych w klimatologii (metoda różnic).

Za miesiące anomalne pod względem termicznym przyjęto te, w których średnia temperatura różniła się na danej stacji od odpowiedniej średniej wieloletniej t_{sr} z 60-lecia (1951–2010) przynajmniej o 2 odchylenia standardowe (σ). Wyróżniono miesiące anomalnie zimne (MAZ: $t \leq t_{sr} - 2\sigma$) i anomalnie ciepłe (MAC: $t \geq t_{sr} + 2\sigma$).

Spśród przyjętych do opracowania 80 stacji 74 leży poniżej 45°N, 4 stacje w pasie 45–46°N i tylko 2 stacje do 47°N (ryc. 1). Najbardziej północną stacją jest Kiszyniów (47°N), najbardziej południową – Aleksandria (31°N), skrajnie zachodnią – Lizbona (9°W), a skrajnie wschodnią – Wan (43°E). Większość stacji znajduje się na obszarze kontynentu europejskiego – 46, w Azji 19, na wyspach Morza Śródziemnego 10 i na wybrzeżach Afryki 5. Większa część stacji znajduje się na terenach nizinnych – spośród 80 stacji 62 leży poniżej 300 m n.p.m. Na wysokości 301–500 m n.p.m. znajduje się tylko jedna stacja, a na wysokości 501–1000 m n.p.m. – 12. Ponadto uwzględniono 5 stacji leżących powyżej 1000 m n.p.m., wszystkie z obszaru Turcji, spośród których najwyżej jest położona skrajnie wschodnia stacja Wan (1662 m n.p.m.).

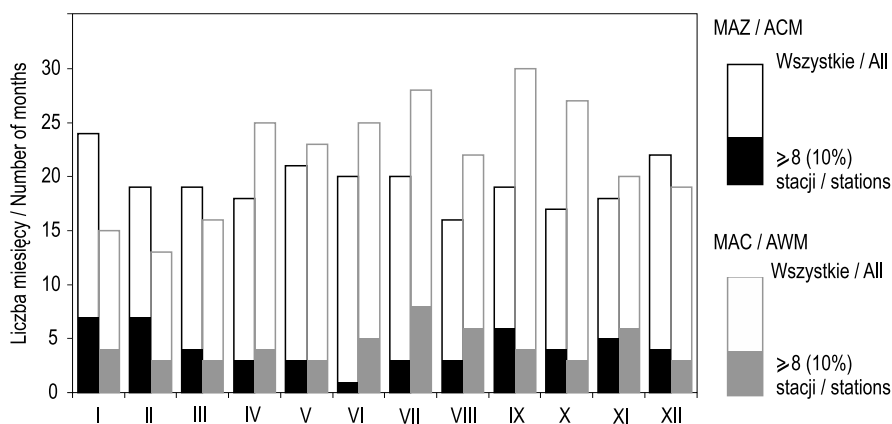
Częstość i przebieg roczny liczby miesięcy anomalnych pod względem termicznym

Na wyróżnionym obszarze w 60-leciu 1951–2010 stwierdzono 232 miesiące anomalnie zimne (MAZ) i 263 miesiące anomalnie ciepłe (MAC). Na obszarze tym wystąpiło średnio na jednej stacji prawie 16 MAZ (15,8) oraz 16–17 MAC (16,4). Była to jedyna strefa w Europie, w której częściej występowały MAC niż MAZ (Kossowska-Cezak, Twardosz 2017). Na pozostałym obszarze Europy średnio wystąpiło więcej MAZ (około 18 na jednej stacji w 60-leciu) niż MAC (od 12 powyżej 60°N do 15 w strefie 45–55°N). Przewaga częstości MAC nad MAZ stanowi zatem cechę wyróżniającą obszar południowej Europy i całego basenu



Ryc. 1. Lokalizacja stacji meteorologicznych wykorzystanych w opracowaniu i podział obszaru na części W-E

Fig. 1. Location of the meteorological stations included in the study and subdivision of the area W-E



Ryc. 2. Przebieg roczny liczby miesięcy anomalnie zimnych (MAZ) i anomalnie ciepłych (MAC) (1951–2010); cały słupek – wszystkie MAZ i MAC, dolny – MAZ i MAC na przynajmniej 8 stacjach

Fig. 2. Annual variation of the number of anomalously cold months (ACMs) and anomalously warm months (AWMs) (1951–2010); whole column – all ACMs and AWMs, bottom of the column – ACMs and AWMs at least 8 stations

Morza Śródziemnego wraz z Azją Mniejszą od pozostałej części Europy, położonej w strefie klimatu umiarkowanego.

Przebieg roczny liczby MAZ okazał się dość wyrównany, a przy tym nieregularny: od 16 w sierpniu do 24 w styczniu. Przebieg roczny liczby MAC natomiast odznaczył się wyraźnym wzrostem w cieplejszej części roku – do 28 w lipcu i 30 we wrześniu i najmniejszą częstością w zimie – 13 w lutym (ryc. 2).

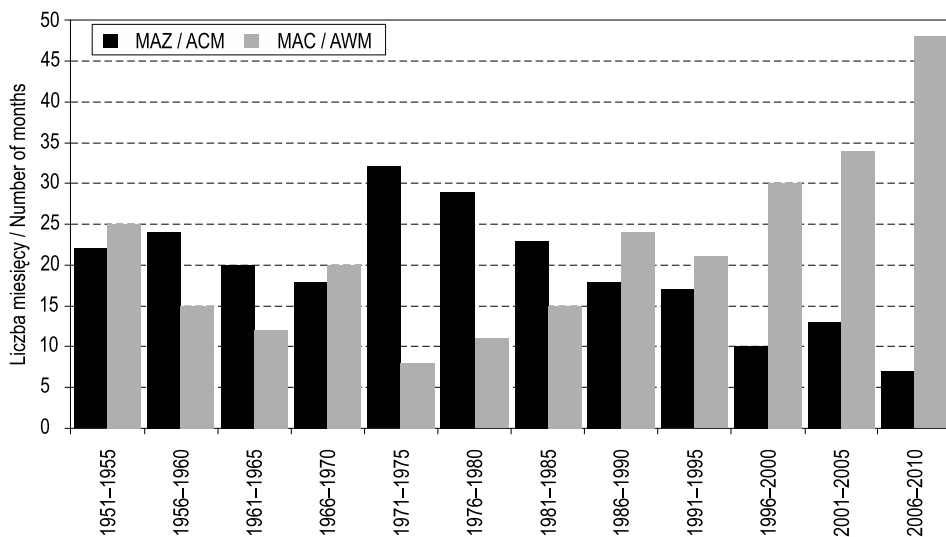
Zmiany wieloletnie liczby miesięcy anomalnie zimnych i anomalnie ciepłych

Częstość zarówno MAZ, jak i MAC ulegała w ciągu 60-lecia 1951–2010 dużym wahaniom (ryc. 3). W poszczególnych 5-leciach liczba MAZ wahała się od 7 do 32. Największa ich liczba wystąpiła w latach 1971–1975 i 1976–1980 (32 i 29), a w pozostałych 5-leciach do 1990 r. zmieniała się w granicach 18–24. Szybki spadek ich częstości zaznaczył się po roku 1990, aż do najmniejszej liczby 7 MAZ w ostatnim 5-leciu 2006–2010. Największą liczbą MAZ wyróżniły się lata 1972 i 1976, w których wystąpiło po 10 takich miesięcy. W latach 1994, 1999 i 2009 w ogóle nie było MAZ, a w latach 1995, 2000, 2007 i 2010 wystąpił tylko jeden MAZ.

Liczba MAC w poszczególnych 5-leciach wahała się od 8 do 48. Najwięcej ich wystąpiło w ostatnim 5-leciu 2006–2010, a najmniej w latach 1971–1975 i 1976–1980 (8 i 11) oraz 1961–1965 (12) (ryc. 3). W pozostałych 5-leciach do 1995 r. liczba MAC zmieniała się od 15 do 25. Po roku 1995 zaczęła ona szybko wzrastać – w każdym 5-leciu przynajmniej połowa miesięcy uzyskała kategorię MAC, aż do 80% miesięcy w 5-leciu 2006–2010. Zupełnie wyjątkowy pod tym względem był rok 2010, w którym każdy z miesięcy był MAC przynajmniej na 1–3 stacjach. Ani jednego MAC nie było w latach 1965 i 1973, a tylko po 1 MAC w latach 1972, 1974, 1976, 1980 i 1985.

Zestawienie liczby MAZ i MAC w kolejnych 5-leciach, a także „rekordy” z poszczególnych lat wykazują, że w 60-leciu 1951–2010 okresem najchłodniejszym były lata 1971–1980. W tym czasie połowa miesięcy (61 ze 120) uzyskała kategorię MAZ, a zaledwie 19 miesięcy było MAC. W 5 latach tego 10-lecia wystąpił zaledwie po jednym lub nie wystąpił w ogóle MAC. Ogólnie do 5-lecia 1981–1985 częściej występowały MAZ (razem 168) niż MAC (106), a po 1985 r. nastąpiło odwrócenie sytuacji i MAC zaczęły pojawiać się częściej (157) niż MAZ (65).

Większa częstość MAC niż MAZ stwierdzona w całym 60-leciu nie jest zatem stałą cechą klimatu tego obszaru, lecz pojawiła się ona dopiero w połowie lat 80. Obecnie



Ryc. 3. Wieloletni przebieg liczby miesięcy anomalnie zimnych (MAZ) i anomalnie ciepłych (MAC). Sumy 5-letnie w latach 1951–2010

Fig. 3. Multiannual variation in the number of anomalously cold (ACMs) and anomalously warm (AWMs) months – 5-year totals for the years 1951–2010

ocieplenie przejawia się zarówno w zmniejszeniu częstości MAZ, jak i w zwiększeniu częstości MAC, ale zmiany te nie są symetryczne. W latach 1951–1985 występowało średnio 24 MAZ i 15 MAC w 5-leciu, a w latach 1986–2010 odpowiednio 13 i 31. Oznacza to, że wzrost częstości MAC zachodzi szybciej niż spadek częstości MAZ. Proces ten utrzymuje się również po 2010 r. (Kossowska-Cezak, Twardosz 2017).

Zróżnicowanie przestrzenne częstości miesięcznych anomalii termicznych

Krańce południowe Europy i basen Morza Śródziemnego oraz Azja Mniejsza leżą w strefie klimatu śródziemnomorskiego, kształtowanego przez charakterystyczny układ cyrkulacji atmosferycznej. W lecie występują tu wyże zwrotnikowe, które w tym czasie przemieszczają się ku wyższym szerokościom geograficznym i wraz z powietrzem zwrotnikowym przynoszą pogodę gorącą i suchą. W zimie natomiast wkracza tu działalność cyklonalna na froncie polarnym i napływa powietrze polarne morskie, przynoszące opady atmosferyczne. Klimat na tym obszarze jest jednak dość zróżnicowany na skutek jednoczesnego oddziaływania czynników geograficznych.

Główny czynnik geograficzny w makroskali, jakim jest szerokość geograficzna, w tym przypadku nie odgrywa istotnej roli, ponieważ obszar objęty opracowaniem jest strefą rozciągającą się od 9°W do 43°E (52°λ) i w zasadzie między 35 a 45°N (tylko 10°φ). Bardzo ważnym czynnikiem jest natomiast rodzaj podłoża – lądowe i wodne, przenikające się wzajemnie na skutek dużego rozczłonkowania linii brzegowej Morza Śródziemnego, tzn. obecności licznych półwyspów i wysp. Na lądzie na warunki termiczne wpływa wysokość terenu nad poziomem morza. Wnętrza półwyspów w tej strefie odznaczają się dość znacznym wyniesieniem, miejscami nawet powyżej 1000 m n.p.m. Istotne jest też sąsiedztwo otaczających kontynentów – od północy Europy, „odgradzonej” barierą gór od Alp po Karpaty, od wschodu Azji i od południa Afryki. Od zachodu natomiast zaznacza się oddziaływanie Oceanu Atlantyckiego z ciepłym prądem Północnoatlantyckim, czemu sprzyja przewaga cyrkulacji zachodniej, natrafiającej jednak na przeszkodę w postaci wyżynnego Półwyspu Iberyjskiego.

W wyniku takich warunków geograficznych liczba anomalnych pod względem termicznym miesięcy (MAZ i MAC) w otoczeniu Morza Śródziemnego i na jego wyspach oraz Azji Mniejszej jest bardzo zróżnicowana. Jak wcześniej wspomniano, średnia liczba MAZ w ciągu 60 lat wyniosła 15,8, a na poszczególnych stacjach było ich od 6 (Samsun) i 9 (Almeria i Zonguldak) do 26 (Malatya) i 24 (Kayseri i Diyarbakir). MAC było średnio 16,4, a na poszczególnych stacjach od 7 (Ciudad Real) i 9 (Wan) do 30 (Samsun) i 24 (Mugla).

W celu uproszczenia opisu lokalizacji poszczególnych miesięcznych anomalii termicznych (MAZ i MAC) cały obszar objęty opracowaniem podzielono arbitralnie na 5 części, określonych następującymi symbolami: W – część zachodnia, na zachód od południka 0°, CW – środkowo-zachodnia, między 0 i 10°E, C – środkowa, między 10 i 20°E, CE – środkowo-wschodnia, między 20 i 30°E, oraz E – wschodnia (na wschód od 30°E). W częściach tych znajduje się kolejno 17, 8, 16, 19 i 20 stacji (ryc. 1).

Liczbę MAZ i MAC w poszczególnych częściach od W do E podano w tabeli 1. Górna część tabeli dotyczy wszystkich MAZ i MAC w 60-leciu, dolna tylko tych, które wystąpiły na co najmniej 10% stacji, tzn. na 8 stacjach, które to MAZ i MAC będą tematem kolejnego rozdziału.

Okazuje się, że największą częstością anomalii termicznych (99 MAZ, 108 MAC) wyróżnia się część CE, obejmująca Półwysep Bałkański (tab. 1), czyli wkraczającą od północy część kontynentu europejskiego. Wśród tych anomalii szczególnie duży udział mają MAZ w zimie i w jesieni (29 i 28) oraz MAC w lecie (38). Część E wyróżniła się równie dużą liczbą MAZ w zimie (29), a przy tym bardzo małą częstością MAC (12) w tej porze roku. MAC w lecie było mniej (31) niż w części CE, ale więcej niż w częściach od W do C. Najczęściej spośród wszystkich części pojawiały się tu MAC na wiosnę (27).

Najmniejszą częstością anomalii termicznych (po 47 MAZ i MAC) odznaczyła się część CW, w której większość uwzględnionych stacji meteorologicznych leży na wybrzeżach i wyspach. Łagodzący wpływ sąsiednich wód sprawia, że wszystkich miesięcznych anomalii termicznych jest tu mniej niż w innych częściach rozpatrywanego obszaru, a przy tym MAZ występują równie często jak MAC, gdy na całym pozostałym obszarze zdecydowanie przeważają MAC nad MAZ.

Zróźnicowanie liczby MAZ i MAC nie wykazało związku z położeniem na zachodzie (klimat morski) lub wschodzie (klimat kontynentalny), ale z położeniem

Tab. 1. Liczba miesięcy anomalnie zimnych (MAZ) i anomalnie ciepłych (MAC) w częściach obszaru W-E (1951–2010)

Table 1. Number of anomalously cold months (ACMs) and anomalously warm months (AWMs) in the parts of the area from W-E (1951–2010)

Anomalia Anomaly		Ogółem Total	W	CW	C	CE	E
Wszystkie All	MAZ/ACM	232	84	47	82	99	89
	MAC/AWM	263	91	47	95	108	94
≥8 stacji ≥8 stations	MAZ/ACM	50	26	20	29	39	28
	MAC/AWM	52	27	23	31	34	29

w określonych warunkach geograficznych, tj. na wybrzeżu bądź w głębi lądu. Ponieważ rozpatrywane anomalie termiczne są anomaliami względnymi, wysokość stacji nad poziomem morza praktycznie nie wykazuje wpływu.

Do stopnia oceanizmu/kontynentalizmu nie nawiązują również największe wartości stwierdzonych anomalii termicznych, tzn. odchyleń średniej miesięcznej temperatury powietrza od odpowiedniej średniej wieloletniej. Te największe wartości występowały na różnych stacjach w różnych latach 60-lecia, ale ogólnie można stwierdzić, że skrajnie duże anomalie ujemne są większe (ponad 10°C) od największych anomalii dodatnich (ponad 7°C) i te największe anomalie, zarówno ujemne, jak i dodatnie, wystąpiły we wschodniej części rozpatrywanego obszaru. Wystąpiły też jednak wyraźne wyjątki od tej ogólnej reguły (rekordowa anomalia $\Delta t = -11,2^{\circ}\text{C}$ w Lyonie w lutym 1956 r.).

Charakterystyka miesięcznych anomalii termicznych o dużym zasięgu przestrzennym

Przedstawiona charakterystyka zróżnicowania przestrzennego liczby anomalnych pod względem termicznym miesięcy dotyczy wszystkich miesięcy, w których średnia temperatura choćby na jednej stacji różniła się od odpowiedniej średniej wieloletniej przynajmniej o 2 odchylenia standardowe.

Okazuje się, że chociaż miesiące anomalne pod względem termicznym pojawiają się często (MAZ 23,5% miesięcy 60-lecia, MAC 36,5%), to w większości stanowią one anomalie o bardzo ograniczonym zasięgu. Występują na nielicznych albo tylko na pojedynczych stacjach, bądź na kilku rozproszonych stacjach w różnych częściach obszaru. Znaczna większość – 68% wszystkich miesięcy anomalnych pod względem termicznym wystąpiła tylko na 1–4 stacjach (do 5% stacji). Takich anomalii termicznych o lokalnym zasięgu więcej jest dodatnich niż ujemnych. Na co najmniej 8 stacjach (10%) wystąpiła tylko piąta część takich miesięcy, była to zbliżona liczba 50 MAZ i 52 MAC; ich zestawienie podano w tabeli 2 i 3, a ich liczbę w poszczególnych częściach obszaru (W-E) w dolnej części tabeli 1. Dalej w opracowaniu uwaga będzie skupiona na anomaliiach o dużym zasięgu, za które przyjęto te obejmujące co najmniej 20 stacji (tzn. 25%). Było ich jednakowo po 11, zarówno MAZ, jak i MAC. Najbardziej rozległe z nich objęły ponad połowę stacji. Miesiące te zestawiono w tabeli 4. W tabelach 2–4 podano rok wystąpienia MAZ/MAC i liczbę stacji, na których każdy z nich wystąpił, w tabeli 4 ponadto lokalizację tych stacji (części obszaru W-E).

Zestawienie liczby MAZ i MAC w 60-leciu zarówno wszystkich, jak i tych o większym zasięgu – co najmniej 8 stacji (tab. 1) wyraźnie potwierdza, że anomalie termiczne są najczęstsze w części CE. Stwierdzono tu nie tylko największą liczbę wszystkich MAZ i MAC, w tym szczególnie MAC, wśród których jednak jest bardzo

Tab. 2. Miesiące anomalnie zimne (MAZ), które wystąpiły na co najmniej 8 stacjach (10% stacji): M/R – Miesiąc/Rok, N – Liczba stacji

Table 2. Anomalously cold months (ACMs) recorded by at least 8 stations (10% of the stations): M/Y – Month/Year, N – Number of stations

M/R M/Y	N	M/R M/Y	N	M/R M/Y	N	M/R M/Y	N
XII		III		VI		IX	
1953	18	1953	25	1977	8	1959	19
1970	10	1956	9			1961	8
1991	23	1971	22			1965	8
2001	17	1987	43			1972	19
						1996	11
I		IV		VII		X	
1953	13	1955	8	1969	10	1997	8
1954	15	1986	16	1977	12	1951	16
1957	8	1997	30	1982	8	1959	14
1963	13					1972	11
1964	16					1974	30
1972	9						
1985	15						
II		V		VIII		XI	
1954	12	1984	20	1976	29	1953	15
1956	46	1986	9	1977	11	1966	11
1959	16	1991	24	1984	14	1981	8
1965	12					1988	29
1985	13					1995	10
1992	13						
2003	8						

Objaśnienia: Pogrubiono miesiące tworzące ciągi 2-miesięczne i dłuższe oraz liczby stacji stanowiące 40% i więcej.

Explanations: Bold indicates the months that formed 2-month and longer strings and the numbers of sites that represented 40% and more.

duży udział MAC o mniejszym zasięgu (74 spośród 108 MAC) obejmujących mniej niż 8 stacji. Najmniej anomalnych miesięcy występuje w części CW i jest to jedyna część, w której nie zaznacza się przewaga częstości wszystkich MAC nad MAZ, a jednocześnie jest to obszar, w którym najrzadziej pojawiają się anomalie o małym zasięgu czy tylko na pojedynczych stacjach.

Tab. 3. Miesiące anomalnie ciepłe (MAC), które wystąpiły na co najmniej 8 stacjach (10% stacji): M/R – Miesiąc/Rok, N – Liczba stacji

Table 3. Anomalously warm months (AWMs) recorded by at least 8 stations (10% of the stations): M/Y – Month/Year, N – Number of stations

M/R M/Y	N	M/R M/Y	N	M/R M/Y	N	M/R M/Y	N
XII		III		VI		IX	
1960	18	1997	12	2003	38	1952	16
1989	15	2001	50	2004	8	1987	24
2000	9	2008	13	2005	13	1994	32
				2007	20	2010	16
				2009	8		
I		IV		VII		X	
1955	24	1961	11	1988	11	1966	22
1966	8	1989	18	2000	10	2001	14
1996	10	1997	11	2001	9	2006	8
2007	13	2007	13	2002	10		
				2003	10		
				2006	14		
				2007	12		
				2010	12		
II	18	V		VIII		XI	
1955	9	1968	21	1952	8	1962	17
1966	15	2003	16	1994	12	1963	8
1990		2007	11	1998	9	1966	17
				2003	32	1983	9
				2006	8	2006	10
				2010	27	2010	25

Objaśnienia: Pogrubiono miesiące tworzące ciągi 2-miesięczne i dłuższe oraz liczby stacji stanowiące 40% i więcej.

Explanations: Bold indicates the months that formed 2-month and longer strings and the numbers of sites that represented 40% and more.

Należy zwrócić uwagę, że przeważające pod względem liczebności MAC, zwłaszcza te o mniejszym zasięgu, wykazują większe zróżnicowanie przestrzenne (47 w CE, 108 w CW) niż MAZ (47 w CE, 99 w CW). Prowadzi to do wniosku, że pojawianie się MAC jest silniej związane z warunkami lokalnymi stacji niż MAZ.

Miesiące anomalnie zimne (MAZ)

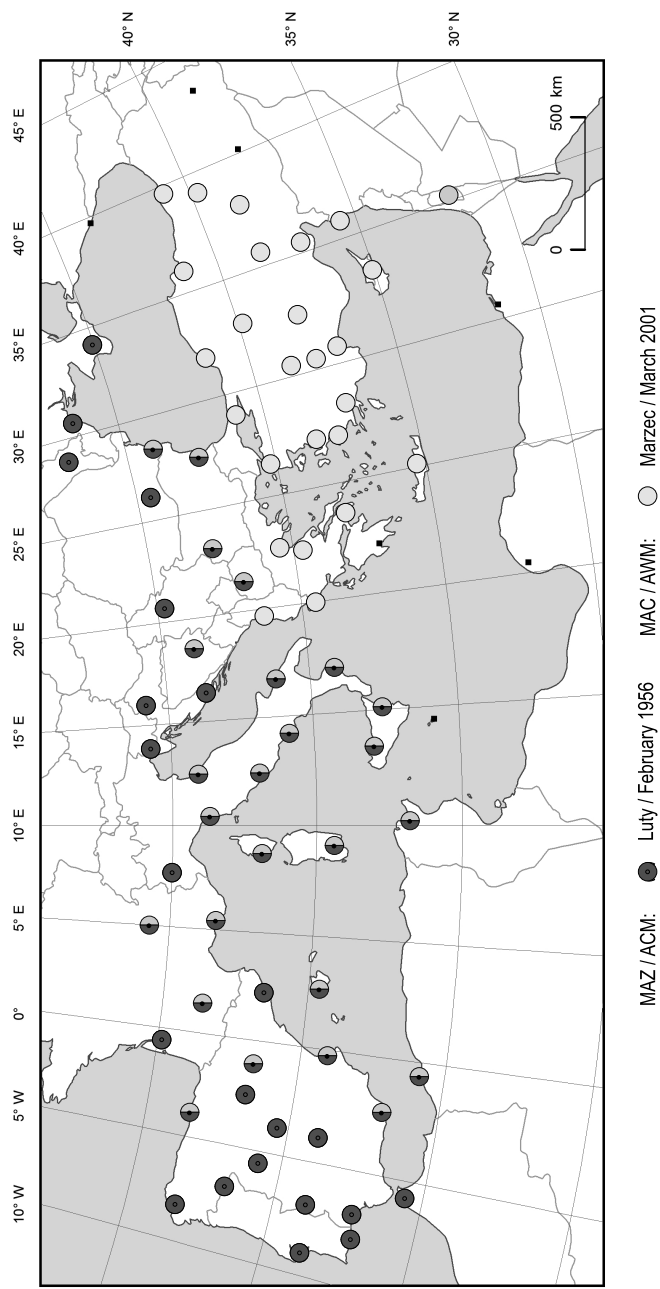
Spośród 50 MAZ o zasięgu co najmniej 10% stacji najwięcej – 18 – przypadło na zimę; miały one zwykle zasięg większy niż tylko 8 stacji. Na zimę też przypadła anomalia ujemna o największym zasięgu przestrzennym w 60-leciu (luty 1956 r.), a podczas tej MAZ wystąpiła największa wartość anomalii ujemnej.

Ta wyjątkowa ujemna anomalia termiczna w **lutym 1956 r.** wystąpiła na 46 stacjach (tab. 4, ryc. 4). Była to anomalia o największym zasięgu w 60-leciu również na kontynencie europejskim (Kossowska-Cezak, Twardosz 2017). W obrębie tej anomalii

Tab. 4. Miesiące anomalnie zimne (MAZ) i anomalnie ciepłe (MAC), które wystąpiły na co najmniej 20 stacjach (25%) i ich lokalizacja w częściach obszaru W-E

Table 4. Anomalously cold months (ACMs) and anomalously warm months (AWMs) recorded by at least 20 stations (25% of the stations) and their location in the parts of the area from W-E

Kategoria Category	Miesiąc Months	Rok Year	Liczba stacji / Number of stations					
			Ogółem Total	W	CW	C	CE	E
MAZ ACM	XII	1991	23	–	–	9	14	–
	II	1956	46	16	6	13	7	2
	III	1953	25	1	–	2	7	15
	III	1971	22	12	7	3	–	–
	III	1987	43	–	–	13	19	11
	IV	1997	30	–	–	7	16	7
	V	1984	20	15	3	2	–	–
	V	1991	24	1	4	10	9	–
	VIII	1976	29	–	–	10	17	2
	X	1974	30	11	8	10	1	–
	XI	1988	29	–	–	7	5	7
MAC AWM	I	1955	24	8	3	6	7	–
	III	2001	50	5	6	12	13	14
	V	1968	21	–	–	2	12	7
	VI	2003	38	9	8	15	3	3
	VI	2007	20	–	–	3	9	8
	VIII	2003	32	12	8	11	1	–
	VIII	2010	27	4	–	–	8	15
	IX	1987	24	6	2	12	4	–
	IX	1994	32	–	–	3	15	14
	X	1996	22	–	–	4	15	3
	XI	2010	25	–	–	3	11	11



Ryc. 4. MAZ – luty 1956 r. i MAC – marzec 2001 r.
Fig. 4. ACM – February 1956 and AWM – March 2001

wystąpiły największe odchylenia temperatury powietrza od średniej wieloletniej, które w południowej Francji przekroczyły 4 odchylenia standardowe ($t \leq t_{sr} - 4\sigma$), a w Lyonie wystąpiła największa w 60-leciu wartość anomalii ujemnej ($\Delta t = -11,2^\circ\text{C}$). Na 30 stacjach spośród 46 (z wyjątkiem tych na wschodzie) odchylenie temperatury od średniej wieloletniej przekroczyło 3σ . Anomalia ta była też wyjątkowa pod względem lokalizacji, gdyż objęła głównie zachodnią połowę rozpatrywanego obszaru, chociaż wschodni jej kraniec sięgał klinem na wschód aż do Krymu. Tutaj, w Symferopolu, ujemna anomalia temperatury wyniosła $\Delta t = -6,8^\circ\text{C}$, a na innych stacjach, np. w Madrycie $\Delta t = -5,6^\circ\text{C}$, w Rzymie $-4,8^\circ\text{C}$, w Bukareszcie $-7,7^\circ\text{C}$.

Drugą pod względem wielkości zasięgu była anomalia ujemna w **grudniu 1991 r.** (23 stacje). Anomalia ta wystąpiła tylko w basenie Morza Śródziemnego; objęła Półwysep Apeniński, południową część Półwyspu Bałkańskiego oraz zachodni kraniec Azji Mniejszej i sięgnęła do wschodniej części wybrzeża Afryki. Największa anomalia wystąpiła w Çanakkale ($\Delta t = -5,0^\circ\text{C}$).

W Europie kontynentalnej drugą pod względem wielkości zasięgu zimową anomalią ujemną była ta w **styczniu 1963 r.** (Kossowska-Cezak, Twardosz 2017), która objęła 13 stacji na północnym krańcu rozpatrywanego obszaru, od Francji do zachodnich wybrzeży Morza Czarnego.

W niektórych latach anomalie pojawiały się w kolejnych miesiącach. Spośród anomalii ujemnych na szczególną uwagę zasługuje ciąg 4 miesięcy od listopada 1953 r. do lutego 1954 r. (tab. 3), które objęły głównie wschodnią część rozpatrywanego obszaru. Były to na badanym obszarze anomalie niezbyt rozległe (12–15 stacji), stanowiące przedłużenie anomalii obejmujących głównie południowo-wschodnią Europę (Kossowska-Cezak, Twardosz 2017). W obrębie tych anomalii wystąpiły jednak bardzo duże ujemne odchylenia temperatury powietrza, zwłaszcza w lutym 1954 r. (Odessa $\Delta t = -10,6^\circ\text{C}$, Kiszyniów $-10,5^\circ\text{C}$). Wszystkie miesiące od listopada do lutego były MAZ w Symferopolu, od listopada do stycznia w Samsunie, od grudnia do lutego w Stambule i Çannakale, a we wschodniej Turcji tylko listopad i grudzień. Największe anomalie wystąpiły w grudniu w Kayserii $\Delta t = -10,0^\circ\text{C}$ oraz – jak wspomniano – w lutym w Odessie i w Kiszyniowie (Δt równych lub przekraczających lub równych $-10,0^\circ\text{C}$ stwierdzono zaledwie 6 w ciągu 60 lat).

Na **wiosnę** ujemne anomalie termiczne występują rzadziej niż w zimie (tab. 3), ale w tej porze roku niektóre z nich uzyskują wyjątkowo duży zasięg (tab. 4). Spośród 11 anomalii ujemnych obejmujących co najmniej 25% stacji ponad połowa przypadła na miesiące wiosenne, w tym 3 na marzec (1953, 1971 i 1987).

Ujemna anomalia termiczna w **marcu 1987 r.** (43 stacje) była największa co do zasięgu w Europie w 60-leciu 1951–2010 na wiosnę (Kossowska-Cezak, Twardosz 2017). Objęła ona środkowo-południową Europę i przez Półwysep Apeniński i Bałkański oraz zachodnią część Azji Mniejszej dotarła do wybrzeży Afryki. Największa anomalia wystąpiła w Symferopolu ($\Delta t = -7,5^\circ\text{C}$).

Na podobnym, choć mniejszym obszarze (30 stacji), wystąpiła druga pod względem wielkości zasięgu ujemna anomalia termiczna na wiosnę – w **kwietniu 1997 r.** Podobnie jak ta z marca 1987 r. stanowiła ona przedłużenie anomalii obejmującej środkowo-południową Europę. Największa anomalia wystąpiła w Sarajewie i Sofii ($\Delta t = -5,1^{\circ}\text{C}$).

Spośród 10 ujemnych anomalii termicznych na co najmniej 8 stacjach w miesiącach wiosennych 7 objęło środkową i wschodnią część rozpatrywanego obszaru, a tylko 3 część zachodnią. Większa częstość ujemnych anomalii termicznych na wschodzie niż zachodzie na wiosnę znajduje potwierdzenie również w przypadku anomalii obejmujących co najmniej 20 stacji (tab. 4).

W **lecie MAZ** na co najmniej 8 stacjach było tylko 7, w tym 6 na 8–14 stacjach i tylko jeden na więcej niż 20 stacjach – **sierpień 1976 r.** (29 stacji). Anomalia objęła wówczas niektóre stacje na Półwyspie Apenińskim, cały Półwysep Bałkański wraz z Peloponezem i Kretą oraz zachodnie wybrzeża Morza Czarnego i zachodnie wybrzeże Azji Mniejszej. Największa anomalia wystąpiła w Skopje ($\Delta t = -4,6^{\circ}\text{C}$).

Spośród MAZ w lecie na szczególną uwagę zasługują 3 kolejne miesiące **od czerwca do sierpnia 1977 r.** Miały one niewielki zasięg (8–11 stacji) i wszystkie wystąpiły na Półwyspie Iberyjskim. Ujemne anomalie temperatury powietrza w lecie osiągnęły wówczas największe wartości w 60-leciu (powyżej $5,0^{\circ}\text{C}$).

W **jesieni** częstość MAZ na co najmniej 8 stacjach była dwukrotnie większa niż w lecie i były to głównie MAZ w środkowej i wschodniej części obszaru – od Półwyspu Apenińskiego do Azji Mniejszej, w tym najwięcej na Półwyspie Bałkańskim. Anomalia o największym zasięgu (30 stacji) w **październiku 1974 r.** objęła jednak część zachodnią – Półwysep Iberyjski (bez części południowej), południową Francję, wyspy zachodniej części Morza Śródziemnego, Półwysep Apeniński i północno-zachodnią część Półwyspu Bałkańskiego. Na większości stacji w środkowej i wschodniej części zasięgu tej anomalii odchylenia temperatury od średniej wieloletniej przekroczyły 3 odchylenia standardowe ($t \leq t_{sr.} - 3\sigma$). Największa anomalia wystąpiła w Marsylii ($\Delta t = -5,2^{\circ}\text{C}$).

Niewiele mniejszy zasięg (29 stacji) miała anomalia w **listopadzie 1988 r.** Jak większość anomalii w tej porze roku objęła obszary od Półwyspu Apenińskiego do Azji Mniejszej (bez Peloponezu i południowych wybrzeży Morza Czarnego). W środkowej części Półwyspu Bałkańskiego odchylenie temperatury przekroczyło 3 odchylenia standardowe i tu też wystąpiły największe anomalie (w Sofii $\Delta t = -6,6^{\circ}\text{C}$).

W **jesieni** dwukrotnie ujemna anomalia termiczna wystąpiła w kolejnych miesiącach – we wrześniu i październiku – w 1959 r. i 1972 r. Objęły one odpowiednio 19 i 14 stacji oraz wszystkie objęły środkową i/lub wschodnią część obszaru śródziemnomorskiego, w tym wszystkie pojawiły się w różnych częściach Półwyspu Bałkańskiego.

Na zakończenie przeglądu 50 MAZ o zasięgu co najmniej 10% stacji należy zwrócić uwagę, że najwięcej takich MAZ było w pierwszej dekadzie 60-lecia – 14, w następnych dekadach po 7–10, a w XXI w. tylko 2 MAZ i to o zasięgu ledwie 8–17 stacji. MAZ obejmujących co najmniej 25% stacji nie było również w dekadzie 1961–1970, w pozostałych dekadach było ich po 2–3.

Miesiące anomalnie ciepłe (MAC)

Miesiące anomalnie ciepłych, które wystąpiły jednocześnie na co najmniej 8 stacjach, było 52 w ciągu 60 lat. Najmniej (po 10) było ich w zimie i na wiosnę, a najwięcej w lecie (19) (tab. 3 i 4).

W **zimie** MAC było nie tylko względnie mało, ale także zwykle nie miały one dużego zasięgu. Najbardziej rozległa anomalia termiczna w zimie, która wystąpiła w **styczniu 1955 r.**, objęła 24 stacje. Były to rozproszone stacje od Półwyspu Iberyjskiego, przez wyspy zachodniej i środkowej części Morza Śródziemnego i południowe części Półwyspu Apenińskiego i Bałkańskiego do zachodniego wybrzeża Azji Mniejszej. MAC był również kolejny miesiąc **lutego 1955 r.**, kiedy to anomalia objęła 18 stacji, częściowo na tym samym obszarze – od Sycylii po zachodnią Turcję. Największa anomalia $\Delta t = 5,8^{\circ}\text{C}$ wystąpiła w Konya. Ogólnie MAC w zimie najczęściej występują w części zachodniej i środkowej basenu Morza Śródziemnego, a zdecydowanie najrzadziej na krańcu wschodnim.

Na **wiosnę** zasięg dodatknych anomalii temperatury powietrza zwykle był też względnie nieduży (do 21 stacji), z jednym wyjątkiem. W **marcu 2001 r.** wystąpiła największa pod względem zasięgu anomalia termiczna w 60-leciu 1951–2010 (ryc. 4). Objęła ona obszar od wschodniej części Półwyspu Iberyjskiego do południowych wybrzeży Morza Czarnego i wschodnich wybrzeży Morza Śródziemnego (50 stacji). Anomalia ta objęła w całości tylko basen Morza Śródziemnego. Największa anomalia $\Delta t = 6,2^{\circ}\text{C}$ wystąpiła w Afyon. Na niektórych stacjach na Półwyspie Bałkańskim średnia temperatura miesięczna przewyższała średnią wieloletnią o 3 odchylenia standardowe ($t \geq t_{sr} + 3\sigma$).

Drugim pod względem zasięgu MAC na wiosnę był **maj 1968 r.** Wystąpił on na 21 stacjach na Półwyspie Bałkańskim, w zachodniej części Azji Mniejszej, na niektórych stacjach na wybrzeżach Morza Czarnego oraz na Krecie.

Od **kwietnia 2007 r.** zaczęła się 4-miesięczna seria MAC o względnie niedużym zasięgu (11–13 stacji, tylko w czerwcu 20 stacji). W kwietniu anomalia objęła stacje w części zachodniej, w maju pojedyncze stacje zarówno na zachodzie, jak i wschodzie, a w czerwcu i lipcu głównie na wschodzie (Półwysep Bałkański i Azja Mniejsza). Kolejne miesiące anomalnie ciepłe, maj, czerwiec i lipiec, wystąpiły w Ankarze i Stambule. W kwietniu i maju na niektórych stacjach anomalie przekroczyły $5,0^{\circ}\text{C}$.

Od **maja 2003 r.** również rozpoczął się 4-miesięczny ciąg MAC, który był zupełnie wyjątkowy nie tylko ze względu na swoją długość, lecz także największy zasięg anomalii w **lecie** i skrajne wielkości dodatniej anomalii temperatury powietrza. W kolejnych miesiącach anomalia objęła 16, 38, 10 i 32 stacje. Zasięg anomalii w czerwcu i sierpniu był największy spośród wszystkich miesięcy letnich w 60-leciu. Była to anomalia, która jako jedyna w tych miesiącach objęła głównie zachodnią część obszaru śródziemnomorskiego, aczkolwiek w czerwcu (38 stacji) wystąpiła na pojedynczych stacjach całego rozpatrywanego obszaru – od Półwyspu Iberyjskiego do środkowej części Azji Mniejszej. Największe odchylenia temperatury powietrza od wartości średniej wieloletniej wystąpiły w czerwcu – w części środkowej obszaru przekroczyły 3 odchylenia standardowe, a w Lyonie nawet 4 odchylenia standardowe. W Lyonie wystąpiła rekordowa dodatnia anomalia temperatury w ciągu 60 lat ($\Delta t = 7,5^{\circ}\text{C}$). W lipcu anomalia objęła tylko 10 stacji, ale na każdej z nich był to kolejny MAC – drugi lub trzeci. Odchylenia temperatury powyżej 3 odchyleń standardowych wystąpiły również w sierpniu. Wszystkie miesiące od maja do sierpnia 2003 r. okazały się anomalnie ciepłe na 4 stacjach: Cagliari, Rzym, Palermo i Tirana.

Rozległa i silna anomalia dodatnia temperatury powietrza w 2003 r. objęła zachodnią Europę również w strefie umiarkowanej. We Francji i Szwajcarii tego lata wystąpiła temperatura najwyższa od początku prowadzenia tam pomiarów temperatury (Kossowska-Cezak, Twardosz 2017). Szczególnie gorące były czerwiec i sierpień, ale najbardziej długotrwała anomalia, obejmująca wszystkie trzy miesiące letnie, wystąpiła w zachodniej części obszaru śródziemnomorskiego.

Trzecią pod względem zasięgu dodatnią anomalią temperatury powietrza była ta z **sierpnia 2010 r.**, która objęła łącznie 27 stacji, ale w dwóch różnych obszarach. Główny zasięg tej anomalii mieścił się na wschodzie rozpatrywanego obszaru: wybrzeża Morza Czarnego, Azja Mniejsza i wschodnie wybrzeża Morza Śródziemnego. Największa anomalia $\Delta t = 5,8^{\circ}\text{C}$ wystąpiła w Samsunie. Na 8 stacjach w Turcji MAC był również poprzedni miesiąc – **lipiec 2010 r.**

Miesiącem anomalnie ciepłym był również **wrzesień 2010 r.** Wystąpił na 16 stacjach, w większości tych samych co MAC sierpień, na obszarze Turcji, na Cyprze, w Jerozolimie i Aleksandrii. Wszystkie trzy miesiące były MAC w środkowej i północnej Turcji.

Lipiec i sierpień 2010 r. były anomalnie gorące przede wszystkim w środkowej i południowo-wschodniej Europie. Była to anomalia wyjątkowo rozległa i bardzo silna (na wielu stacjach w Rosji odchylenie temperatury od średniej wieloletniej przekraczało 3 odchylenia standardowe), a Turcja znalazła się na południowych peryferiach tej anomalii (Kossowska-Cezak, Twardosz 2017).

W **wiosnie** liczba MAC była mniejsza niż w **lecie**, ale podobnie występowały one częściej na wschodzie niż zachodzie. Dodatnia anomalia termiczna o największym zasięgu w jesieni (32 stacje) wystąpiła we **wrześniu 1994 r.** Objęła ona obszary wschodnie:

Półwysep Bałkański, wybrzeża Morza Czarnego, Turcję, Kretę i Cypr, anomalia ta objęła również środkową Europę (Kossowska-Cezak, Twardosz 2017). MAC był również miesiąc poprzedni, **sierpień**, na 12 stacjach na Półwyspie Apenińskim i na wyspach oraz niektórych stacjach na wybrzeżu zachodniej części Morza Śródziemnego.

Duży zasięg (25 stacji) miała dodatnia anomalia temperatury w **listopadzie 2010 r.** Objęła ona, jak większość takich anomalii jesienią, wschodnią część obszaru: Półwysep Bałkański, zachodnią Turcję, wybrzeża Morza Czarnego i wyspy od Malty do Cypru. Największa anomalia $\Delta t = 6,9^{\circ}\text{C}$ wystąpiła w Symferopolu.

Niewiele mniejszy zasięg (24 stacje) miała dodatnia anomalia termiczna we **wrześniu 1987 r.** Objęła ona częściowo Półwysep Iberyjski, Apeniński i zachodnią część Bałkańskiego.

W **październiku i listopadzie 1966 r.** wystąpiła dodatnia anomalia termiczna kolejno na Półwyspie Bałkańskim, zachodnich wybrzeżach Morza Czarnego i w Turcji (22 stacje) oraz w Azji Mniejszej, na Krecie i Cyprze (17 stacji). Obydwie anomalie wystąpiły w Çanakkale, Izmirze, Isparcie i Zonguldaku.

Spośród 52 MAC na co najmniej 8 stacjach prawie połowa (25) wystąpiła w XXI w., natomiast zupełnie ich nie było w najchłodniejszych latach 1971–1980. Również 6 spośród 11 MAC na co najmniej 20 stacjach wystąpiło w latach 2001–2010, w tym 3 spośród 4 MAC o największym zasięgu (ponad 30 stacji).

Podsumowanie

Na rozpatrywanym obszarze w latach 1951–2010 wystąpiły 232 miesiące anomalnie zimne (MAZ) i 263 miesiące anomalnie ciepłe (MAC), spośród 720 miesięcy w 60-leciu.

Za miesiące anomalne pod względem termicznym przyjęto te, w których temperatura średnia różniła się na danej stacji meteorologicznej od odpowiedniej średniej 60-letniej przynajmniej o 2 odchylenia standardowo (MAZ: $t \leq t_{sr} - 2\sigma$, MAC: $t \geq t_{sr} + 2\sigma$).

Liczba MAZ i MAC znacznie zmieniała się w ciągu 60-lecia. Najchłodniej było w latach 1971–1980 (61 MAZ i 19 MAC), a najcieplej w XXI w. (20 MAZ i 82 MAC).

MAZ częściej występują na wschód od 20°E , w tym najczęściej między 20 i 30°E , tzn. na Półwyspie Bałkańskim z Peloponezem i w zachodniej Turcji (99). Najmniej MAZ bywa nad zachodnią częścią Morza Śródziemnego (0 – 10°E) – 47. MAZ na całym obszarze najczęściej występują w zimie, a zwłaszcza na wschód od 20°E – 29 spośród 65.

Podobnie jak MAZ, tak i MAC najwięcej jest między 20 i 30°E – 108 spośród 263, a najmniej nad zachodnią częścią Morza Śródziemnego 0 – 10°E – 47 w ciągu 60 lat. MAC najczęściej występują w lecie i w jesieni, a maksimum letnie ich częstości zaznacza się szczególnie na wschód od 20°E (CE – 38, E – 31 spośród 75), podczas

gdą na zachód od 20°E ich częstość w jesieni jest podobna jak w lecie lub nawet większa (w części CW w lecie 12 MAC, w jesieni 15). MAC najrzadziej występują w zimie i najmniej jest ich między 0 i 10°E (8 z 47) i na wschód od 30°E (12).

Taki charakter zróżnicowania przestrzennego liczby MAZ i MAC wskazuje na większy stopień kontynentalizmu klimatu wschodniej części opisywanej strefy niż jej części zachodniej. Duże zróżnicowanie ich liczby między stacjami leżącymi w tym samym regionie (np. MAZ: Samsun – 6, Malatya – 26; MAC: Wan – 9, Samsun – 30) wskazuje jednak na bardzo istotną rolę lokalnych warunków geograficznych, w jakich znajduje się dana stacja.

MAZ i MAC w ogromnej większości występują na małych obszarach, często reprezentowanych tylko przez jedną z 80 uwzględnionych stacji lub pojedyncze oddalone od siebie stacje. Tylko 20% stwierdzonych MAC i MAZ wystąpiło na obszarach, na których znajduje się co najmniej 10% spośród 80 stacji (50 MAZ i 52 MAC). Na 25% stacji (20 stacji) wystąpiło tylko po 11 MAZ i MAC.

Największe pod względem zasięgu anomalie ujemne wystąpiły: w lutym 1956 r. (46 stacji), w marcu 1987 r. (43 stacje) oraz w kwietniu 1997 r. i październiku 1994 r. (po 30 stacji). Najdłuższy ciąg MAZ obejmujących co najmniej 8 stacji trwał 4 miesiące – od listopada 1953 r. do lutego 1954 r., głównie w środkowej i wschodniej części rozpatrywanego obszaru. Poza tym wystąpiły 3 kolejne takie MAZ od czerwca do sierpnia 1977 r. na Półwyspie Iberyjskim.

Największe anomalie dodatnie wystąpiły: w marcu 2001 r. (50 stacji), czerwcu 2003 r. (38 stacji) oraz w sierpniu 2003 r. i wrześniu 1994 r. (po 32 stacje). Najdłuższe ciągi MAC na co najmniej 8 stacjach trwały po 4 miesiące: od maja do sierpnia 2003 r. (nad zachodnią częścią obszaru) i od kwietnia do lipca 2007 r. (głównie nad częścią wschodnią). Od lipca do września i ponownie w listopadzie 2010 r. wystąpiły MAC również nad częścią wschodnią.

Okresowe pojawianie się anomalnych pod względem termicznym miesięcy jest naturalną cechą klimatu tej strefy. Wielkość tych anomalii jest jednak mniejsza niż w Europie kontynentalnej i w odróżnieniu od niej częstsze są tu MAC niż MAZ (Kossowska-Cezak, Twardosz 2017). Szybkie zmniejszanie się częstości MAZ i wzrost częstości MAC pod koniec 60-lecia 1951–2010 jest, podobnie jak w całej Europie, przejawem współczesnego ocieplenia.

Literatura

- Andrews J.F., 1956, *The weather and circulation of February*, Monthly Weather Review, 84, 66–74.
Barriopedro D., Fischer E. M., Luterbacher J., Trigo R. M., García-Herrera R., 2011, *The hot summer of 2010: Redrawing the temperature record map of Europe*, Science, 332, 6026, 220–224.
Briffa K.R., Osborn T.J., 2002, *Blowing hot and cold*, Science, 295, 5563, 2227–2228.

- Brzović N., 1999, *A case study of a cold air outbreak on 20 April 1997 over Croatia*, Hrvatski meteorološki casopis, 33/34, 1–18.
- Dizerens C., Lenggenhager S., Schwander M., Buck A., Foffa S., 2017, *The 1956 cold wave in Western Europe* [w:] S. Brönnimann (red.), *Historical weather extremes in reanalyses*, Geographica Bernensia G92, 101–111.
- Jones P.D., Moberg A., 2003, *Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: an extensive revision and an update to 2001*, Journal of Climate, 16, 206–223.
- Klein Tank A.M.G., Wijngaard J. B., Können G.P., Böhm R., Demarée D., Gocheva A., Mileta M., Pashiardis S., Hejkrlik L., Kern-Hansen C., Heino R., Bessemoulin P., Müller-Westermeier G., Tzanakou M., Szalai S., Pálsdóttir T., Fitzgerald D., Rubin S., Capaldo M., Maugeri M., Leitass A., Bukantis A., Aberfeld R., van Engelen A.F.V., Forland E., Miętus M., Coelho F., Mares C., Razuvaev V., Nieplová E., Cegnar T., Antonio López J., Dahlström B., Moberg A., Kirchhofer W., Ceylan A., Pachaliuk O., Alexander L.V., Petrovic P., 2002, *Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment*, International Journal of Climatology, 22, 1441–1453.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2017, *Anomalie termiczne w Europie (1951–2010)*, IGI GP UJ, Kraków.
- Lagouvardos K., Kotroni V., Kallos G., 1998, *An extreme cold surge over the Greek peninsula*, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 124, 2299–2327.
- Luterbacher J., Dietrich D., Xoplaki E., Grosjean M., Wanner H., 2004, *European seasonal and annual temperature variability, trends, and extremes since 1500*, Science, 303, 1499–1503.
- Moberg A., Jones P.D., Lister D., Walther A., Brunet M., Jacobeit J., Alexander V., Della-Marta P.M., Luterbacher J., Yiou P., Chen D., Klein Tank A.M.G., Saladić O., Sigró J., Aguilar E., Alexandersson H., Almaraz C., Auer I., Barriendos M., Begert M., Bergström H., Böhm R., Butler C.J., Caesar J., Drebs A., Founda D., Gerstengarbe F.-W., Micela G., Maugeri M., Österle H., Pandžić K., Petrakis M., Srnec L., Tolasz R., Tuomenvirta H., Werner P.C., Linderholm H., Philipp A., Anner H., Xoplaki E., 2006, *Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analyzed for the period 1901–2000*, Journal of Geophysical Research, 111, D22106.
- Rebetez M., Mayer H., Dupont O., Schindler D., Gartner K., Kropp J.P., Menzel A., 2006, *Heat and drought 2003 in Europe: a climate synthesis*, Annals of Forest Science, 63 (6), 569–577.
- Tayanç M., Karaca M., Nüzhet Dalfes H., 1998, *March 1987 Cyclone (Blizzard) over the Eastern Mediterranean and Balkan Region Associated with Blocking*, Monthly Weather Review, 126, 3036–3047.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2015, *Exceptionally hot and cold summers in Europe (1951–2010)*, Acta Geophysica, 63, 1, 275–300.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2016, *Exceptionally cold and mild winters in Europe (1951–2010)*, Theoretical and Applied Climatology, 125, 399–411.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., Pelech S., 2016, *Extremely cold winter months in Europe (1951–2010)*, Acta Geophysica, 64, 6, 2609–2629.

- Tselepidaki I.G., Asimakopoulou D.N., Melitsiotis D.A., 1990, *A cold spell during March 1987 over Greece*, Weather, 45 (2), 42–47.
- Unal Y.S., Tan E., Mentel S.S., 2013, *Summer heat waves over western Turkey between 1965 and 2006*, Theoretical and Applied Climatology, 112, 339–350.

Urszula Kossowska-Cezak
Uniwersytet Warszawski
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00–927 Warszawa

Robert Twardosz
Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
ul. Gronostajowa 7, 30–387 Kraków
r.twardosz@uj.edu.pl